

⑫ 公開特許公報(A)

昭64-18460

⑤ Int. Cl.

B 05 B 1/00
B 41 J 3/04

識別記号

1 0 3

庁内整理番号

Z-6804-4F
A-7513-2C
H-7513-2C
7367-3H

④ 公開 昭和64年(1989)1月23日

F 04 B 43/04

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

④ 発明の名称 圧電型流体噴出ノズル

⑪ 特 願 昭62-175110

⑫ 出 願 昭62(1987)7月13日

⑬ 発 明 者 池 田 輝 幸 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内
 ⑭ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号
 ⑮ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

明 細 書

発明の名称 圧電型流体噴出ノズル

特許請求の範囲

- (1) 内部に流体路が形成された少なくとも1以上の流体供給口及び流体噴出口があり、この流体供給口と流体噴出口のある方向で変位を生じるように前記流体路内に、一部で固定状態となっている少なくとも2以上のバイモルフ形成部があることを特徴とする圧電型流体噴出ノズル。
- (2) バイモルフ形成部が焼結して圧電体となる材料と焼結して導体となる材料との積層体である特許請求の範囲第一項記載の圧電型流体噴出ノズル。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は圧電型流体噴出ノズルに関する。

(従来の技術)

分極方向に対して互いに逆方向に電界が加わる

ようにして張り合わせた圧電バイモルフ構造の板は、電界を加えることによって一方の板が伸び、もう一方が縮むという関係から容易に湾曲した状態に変形させることができる。このとき加える電界を交流電圧で与えれば、この湾曲方向が交互に変わり、これを一部で支持すれば発音体となる。このような変形を利用すれば発音体だけでなく、接点を動かすことでリレーやアクチュエーターとしての利用が考えられ、これらに関するデバイスも多く考案されている。

これらの応用の1つとして流体路の外壁の一部に前記圧電バイモルフの振動板を張り付け、流体路の両端の流体供給口と流体噴出口の近くで逆流防止弁をとり付けることでモーターなどを利用した様な機械的部分のまったくない流体噴出ノズルができインクジェットプリンターのヘッド等への利用が可能である。

(発明が解決しようとする問題点)

このような流体噴出ノズルは単に流体路の一方の面に振動板を形成しても、振動板の変形によっ

て生じた流体路の容積変化は振動板の中心に対して均等に変化するため、前記流体路内の流体も均等に移動する。このため第6図に示すように振動板61が変形して排出される流体は供給口からも出てしまう。さらに振動板の変形が元に戻るときには供給口からの流入だけでなく、噴出口から空気を吸い込んでしまう。このような欠点を除去するために供給口と噴出口にそれぞれ逆流防止の弁をとり付ける必要がある。しかし、このような逆流防止弁は、ある一方向にだけ流れるように構成しなければならない。このため小型化には限界があり、例えば数ミリ以下の流体路内にこの逆流防止弁をとり付けること自体が困難となり、防止弁を付けたとしても流体をまっすぐ噴出させることが不可能になる。又、小型化のためにセラミック一体化を行うことを考えても、このような逆流防止弁を形成することはできない。

本発明の目的は、これら従来の問題点を解決した圧電型流体噴出ノズルを提供することにある。
(問題点を解決するための手段)

まず流体供給口において変形させれば流体噴出口から流体が吹き出され、次に流体供給口側のバイモルフを変形させたままの状態では流体噴出口側のバイモルフを変形させれば流体噴出口はふさがれ、このとき流体供給口側を元に戻せば流体供給口から流体が供給される。さらに、流体噴出口側のバイモルフを元に戻す場合にも流体の方向は流体供給口から流体が供給される方向への変形となるため流体の噴出から供給まで1サイクルの間に逆流するようなことは無く、セラミック一体の圧電型流体噴出ノズルが得られる。

(実施例)

次に本発明の圧電型流体噴出ノズルについて図面を参照して説明する。

第1図は、本発明の一実施例を示す圧電型流体噴出ノズルの断面図である。

まず、流体路11内には電極12を3層形成した2つの独立したバイモルフ13及び14があり、このバイモルフの変位する側に流体供給口15と流体噴出口16がある。さらに前記2つのバイモルフ13及び

すなわち本発明は、内部に流体路が形成された少なくとも1以上の流体供給口及び流体噴出口があり、この流体供給口と流体噴出口のある方向で変位を生じるように前記流体路内に、一部で固定状態となっている少なくとも2以上のバイモルフ形成部があり、このバイモルフ形成部が焼結して圧電体となる材料と焼結して導体となる材料との積層体によってなされる。

(作用)

本発明の圧電型流体噴出ノズルは、流体路内に独立して動く2つの振動部分が電極層を3層形成したバイモルフ型の積層体として構成されており、この一部が流体路壁の一部に固定されており、このバイモルフの部分の変位する側の位置にそれぞれ流体の供給口と噴出口が形成されるように、流体路と2つの独立したバイモルフ部分を持つものである。このため、供給口側にあるバイモルフと噴出口側にあるバイモルフは独立してドライブすることができ、この間に時間差を持たせることができる。そして、流体路内のバイモルフを

14は一端で流体路の壁面に固定される。このとき、固定されるバイモルフと前記流体供給口及び流体噴出口の位置関係は、バイモルフに電圧が加えられない状態(つまりバイモルフが変形していない状態)のときに流体供給口及び流体噴出口の上部の高さとなるように構成する。さらに、この流体供給口には流体の供給路17が接続される。

第2図は、本発明の圧電型流体噴出ノズルを得る圧電材グリーンシートに形成するパターン例及び穴あけ状態例を示す平面図であり、(a)から(j)の各形状及びパターンが、(a)を最上層として積層される。

第2図での構成は、まず(a)が最上層の流体路壁面を形成するグリーンシートであり、(b)がバイモルフ形成部の上側のスペースを形成するカット部21を持つグリーンシートである。次に、(c)が最上層の電極を流動体から絶縁するためのグリーンシートであり、バイモルフ形成部に合わせた形状となるカット部22を持ち、この下に、バイモルフを形成する電極23とバイモルフ部をフリー状

應とするためのカット部24と各電極を外外部に取り出すための取り出し電極25を持つバイモルフ形成部の(d),(e),(f)のグリーンシートがある。さらに(g)がバイモルフが変形可能なようにするためのスペースを形成するためのカット部26を持つグリーンシートであり、(h)が流体路及び流体路の供給口と噴出口を形成するためのカット部27を持つグリーンシートであり、(i)が流体路を形成するためのカット部28を持つグリーンシートであり、最後に(j)の最下層の流体路壁面を形成するグリーンシートによって構成される。前記第2図での説明では、1つの圧電型流体噴出ノズルについてのパターン及び形状について示してあり、このため、(h)のグリーンシートでは2つに分割されているが、実際には、複数のパターンが1枚のグリーンシートが形成されており、積層後の切断によってこれら1層あたりのパターンが得られるのである。又、第2図中の各グリーンシート中のカット部分は、このまま積層プレスしたのでは、つぶれてしまうので、各シートのカットが終了し

た段階でカット部分のパターンに合わせたカーボングリーンシート又はカーボンペーストなどのような焼成過程において燃えてガス化し空洞が形成される材料をうめ込んで行けば良い。

このようにして得られた10枚の圧電材グリーンシートをプレス金型内に積み重ね、100℃前後の温度で加熱しながら250kg/cm²程度の圧力で圧着して積層体を得る。次に、この積層体を脱バインダー工程を経て焼結することで第1図に示した断面構造を有する圧電型流体噴出ノズルが得られる。

なお、この例で示した積層構成では、上下の流体路壁を形成するシートを1層で示したが、グリーンシートの厚みとの関係で補強が必要な場合には、それぞれのグリーンシートを複数で構成すれば補強になり、又、内部バイモルフ形成部の保護などを行うことができることは明らかである。さらに、バイモルフ形成部の型もこの型に限定されることなく、流体路の形状に合わせて自由に設計でき、さらに流体供給口や流体噴出口の数や大きさも限定されものではない。一方、2つのバイモ

ルフ形成部に対して流体供給口と流体排出口を対向させて構成しているが、バイモルフの変位する部分に、この流体供給口と流体噴出口がもうけてあれば、第3図に示すように2つのバイモルフ形成部31が同一方向へ並び、この間に仕切り部32と流体路33が形成されるように各グリーンシートのパターンを構成してもよい。

ここで用いた圧電材グリーンシートは、マグネシウム・ニオブ酸鉛 $Pb(Mg\frac{1}{3}\cdot Nb\frac{2}{3})O_3$ を主成分とする電歪材料の粉末を有機バインダーとともに溶媒中に分散し、スラリー状とする。これをドクターブレードを用いたスリップキャスト法によって、厚さ20μm～200μmの均一な厚みのセラミック生シートとする。

このセラミック生シートを規定の大きさに打ち抜き、各カット部形成のための穴をパンチ及びダイによって形成する。次に、この穴あけを含む加工されたバイモルフ形成部のグリーンシートにスクリーン印刷機を用いて電極ペーストを印刷する。さらに、これらグリーンシートをプレス金型

にセットし、同時に、各カット部に対応したカーボングリーンシートをうめ込みながら各グリーンシートを積み重ね、100℃前後の温度で加熱し、250kg/cm²程度の圧力で圧着して積層体を得る。次に、この積層体を必要に応じて所定の寸法に切断した後、まず空洞パターンやセラミックグリーンシート中に存在する有機物を脱バインダー工程において酸化雰囲気中でゆっくりと加熱し、分解・消失させる。通常これらの有機物は500℃～600℃までには完全に分解・酸化するが、急激に温度を分解温度まで上げると積層体が破損するため、25℃/時間あるいは、これよりもゆっくりとした温度上昇スピードで温度を上げ、500℃～600℃に充分長い時間保持することで有機物を完全に消失させる。

この後、900℃～1200℃温度で焼成することで、前記説明で述べた圧電型流体噴出ノズルが得られる。なお、取出し端子としての電極パターンは積層体の端面まで出ているので、ここに外部電極として銀ペースト等を焼き付ければよい。

以上のようにして得た圧電型マイクロポンプでは、まず分極処理を行うために、バイモルフ形成部の電極に100~200V程度の電圧を1分間程度与える。

次に、これら2つのバイモルフ形成部の電極間に、前記分極方向に対して互いに逆の接続となるように並列に接続し、バイモルフ1とバイモルフ2の端子としてとり出す。

このようにして、とり出した端子に第4図に示すような電圧波形となるような2つのドライブ回路を接続する。第5図の(a)~(e)は、このドライブ波形によってドライブしたときの本発明の圧電型流体噴出ノズルの動きを断面で示したものである。

まず(a)がどちらのバイモルフにも電圧が加わっていない状態であり、流体は流体路内に満たされている状態である。(b)は流体供給口側のバイモルフに電圧が加えられ、このバイモルフが変形した状態であり、流体は流体排出口の方向へ動き、同時に流体噴出口から流体が吹き出る。(c)

はもう一方の流体噴出口の方のバイモルフにも電圧が加えられ変形した状態であり、このとき流体噴出口からの流体噴出がカットされる。(d)は流体供給口側のバイモルフの電圧が切られ、放電回路の動作によって元に戻った状態であり、この戻るときに流体供給口から流体が流体路内に供給される。(e)は流体噴出側のバイモルフの電圧が切られ、放電回路の動作によって元に戻った状態であり、この戻るときに流体供給口から流体が流体路内に供給され、(a)の状態に戻ったことになる。以下同様に(b)~(e)がくり返えされることで流体が連続で噴出できる流体噴出ノズルが形成される。このとき、流体供給口側と流体噴出口側にそれぞれ独立して変形するバイモルフが同時にずれて動作するので、この動作自体が逆流防止弁の効果を発揮し、空気を吸い込むようなことは生じない。

(発明の効果)

以上の説明で明らかなように、本発明によれば、流体供給口側と流体噴出口側にそれぞれ変形

する独立したバイモルフを流体路内に形成したことによって、この独立したバイモルフを時間関係をずらしてドライブすることで流体を一定方向へ流すことを可能にするポンプとなるもので、このとき動作する2つのバイモルフが逆流を生じさせないように働くものである。従って、逆流防止のための弁はまったく不要となり、どのような大きさの流体路であっても流体路中に2つのバイモルフが形成できれば良く、超小型の流体噴出ノズルが得られる。又、本発明の圧電型流体噴出ノズルは圧電セラミックスの積層と焼結のみによって得られ外付けの部品やその他アセンブリーをまったく必要としないため、低コスト化が可能な圧電型流体噴出ノズルとなる。

なお、本発明での実施例では圧電材セラミックグリーンシートの積層技術によって構成しているが、小型化を特に要求しない場合には、バイモルフの板だけをセラミック積層技術で得ておき、これをステンレス等の材質で作った流体供給口と流体噴出口を持つ流体路内にアセンブリして得ても

同様な効果が得られることは明らかである。又、流体供給口を例えば流体搬送用のホース直径に合わせ、流体としてインクを使用すればプリンターのインクジェットヘッドができる。さらに流体路及び流体供給口をバイモルフ形成部の上側にも形成し、ドライブ電圧を交流電圧とし位相を第4図に示したドライブ波形同様にすれば、バイモルフ部の変形量が大きくなり、上下の流体路の流体を交互に移動させることができるため、流体噴出ノズルとしての流体の噴出量や流体を吹き出す力が強くなり、高性能な圧電型流体噴出ノズルが得られる。

一方、内部の空孔形成方法もカーボングリーンシートやカーボンペーストだけでなく、特開昭60-243218号、同60-243219号に示す感光性樹脂を露光し、現像することでパターンニングしたフィルムを積層時のグリーンシートに圧着しても同様な効果の圧電型流体噴出ノズルとなる。

なお、本発明の圧電型流体噴出ノズルは流体噴出口を流体路への流体排出口とすることで、連続

液でドライブすれば、流体排出口からは連続的に流体が流出し、例えばエンジン等への燃料移送のためのマイクロポンプとしたり、粘性の高い物質を移送するマイクロディスペンサーなどとしての利用が可能なことは明らかである。

又、流体噴出口をドットプリンターのドットピッチに合わせ、このピッチの流体噴出口と複数の本発明圧電バイモルフを含む流体路の間に細い流体路を焼成過程で焼失する物質でパターン形成することで容易にインクジェットドットプリンターが構成できる。

図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の断面図、第2図は本発明の一実施例を示すグリーンシートの形状及びこのパターン図、第3図は本発明の別の実施例を示す内部バイモルフ形成部の透視平面図、第4図は2つのバイモルフをドライブするドライブ波形とこのドライブ回路図、第5図は第1図の構造を第4図の状態で行ったときの断面図、第6図は従来から考えられている圧電型インクジェ

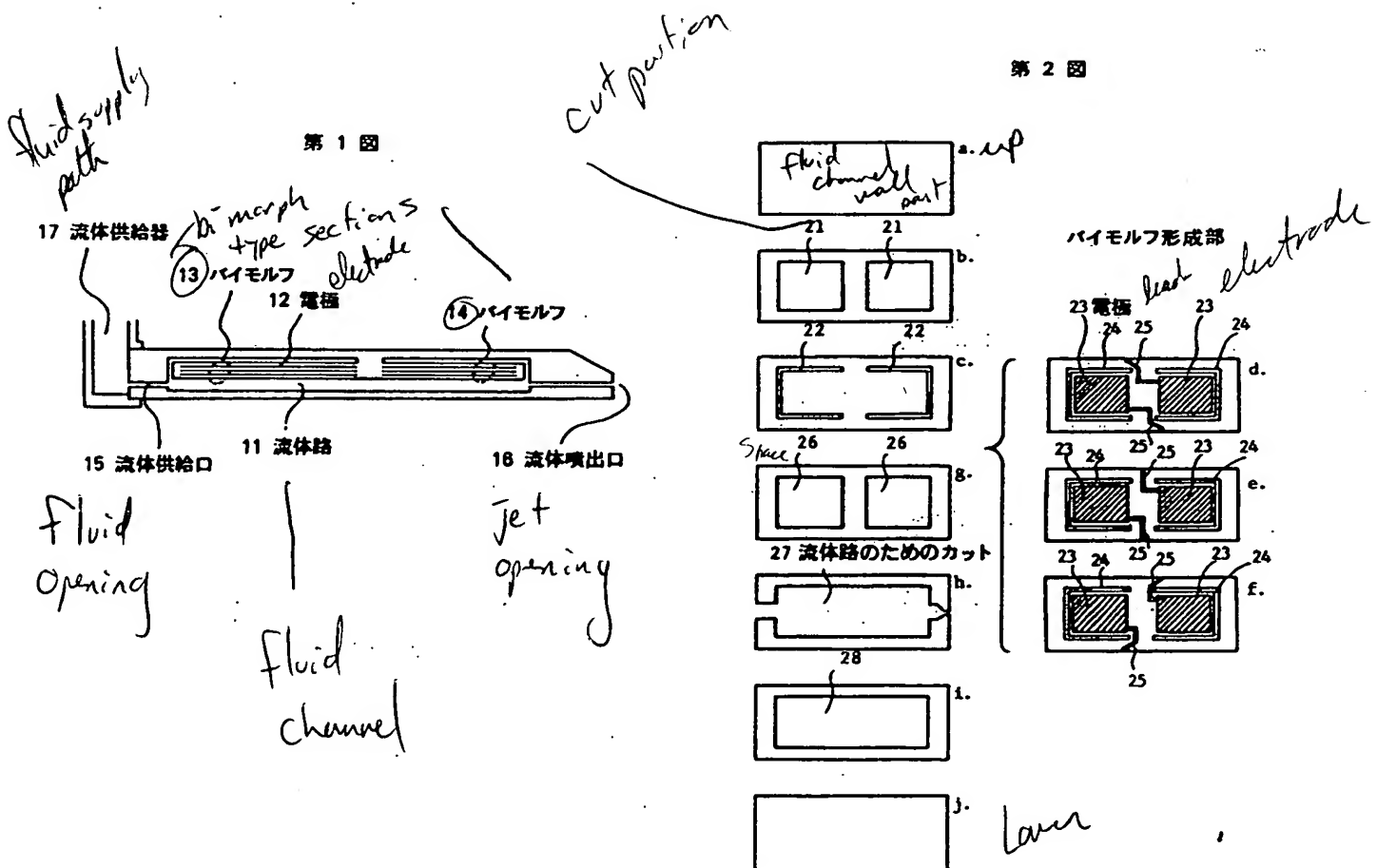
ットヘッドの断面図である。

図において、11…流体路、12…電極、13…流体供給側のバイモルフ、14…流体噴出口側のバイモルフ、15…流体供給口、16…流体噴出口、17…流体供給路、21…バイモルフ形成部の上側のスペースを形成するカット部、22…バイモルフ形成部の最上層の電極を絶縁するためのバイモルフ形成部の形状となるカット部、23…バイモルフを形成する電極、24…バイモルフ部をフリー状態とするためのカット部、25…取り出し電極、26…バイモルフが変形可能なようにするためのスペースを形成するカット部、27…流体路及び流体供給口と流体噴出口を形成するためのカット部、28…流体路を形成するカット部、31…バイモルフ形成部、32…仕切壁、33…流体路、 V_1 …流体供給口側のドライブ波形、 V_2 …流体噴出口側のドライブ波形、61…振動板、である。

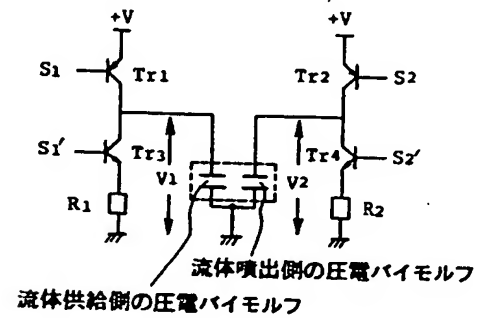
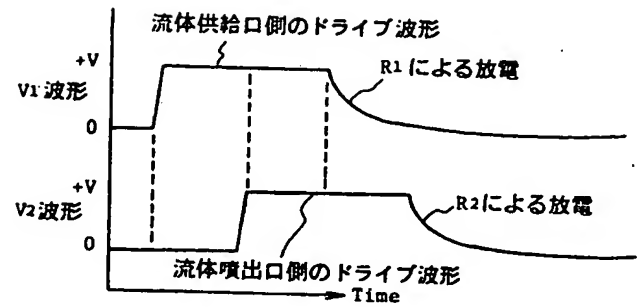
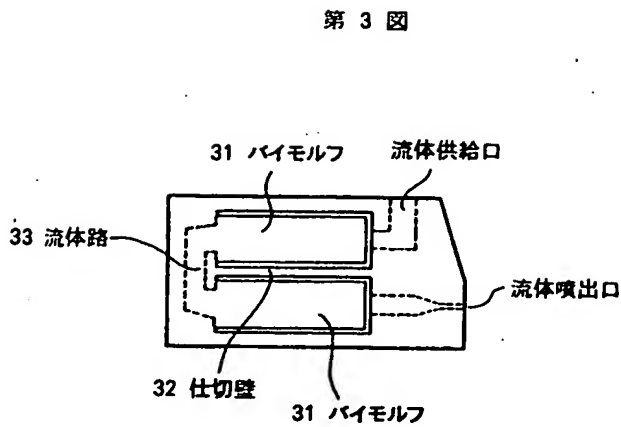
代理人 井理士 内原 晋



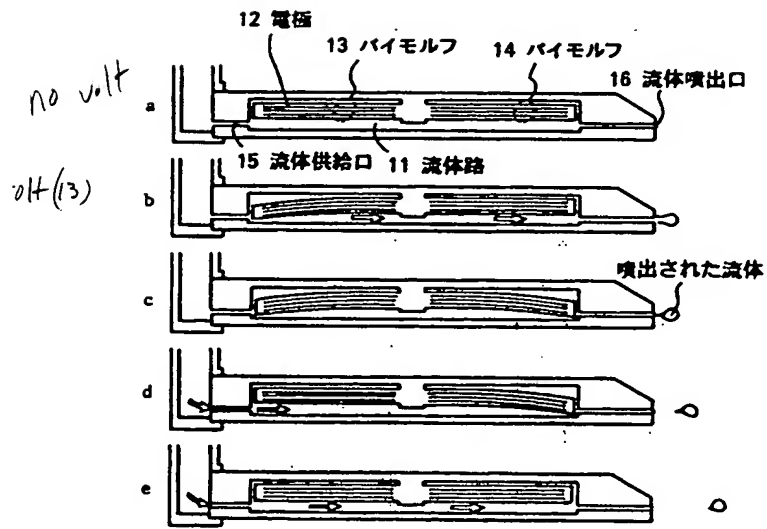
第2図



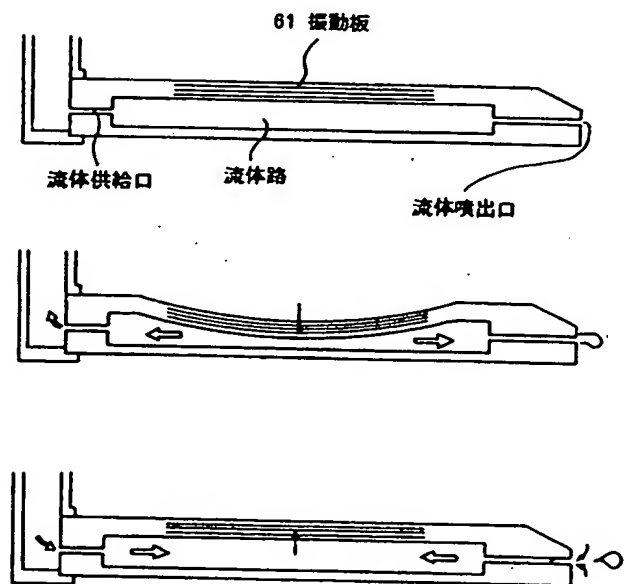
第4図



第5図



第6図



PTO 07-1425

Japanese Kokai Patent Application
No. Sho 64[1989]-18460

PIEZOELECTRIC TYPE FLUID EJECTION NOZZLE

Akiyuki Ikeda

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
WASHINGTON, D.C. DECEMBER 2006
TRANSLATED BY THE MCELROY TRANSLATION COMPANY

JAPANESE PATENT OFFICE
PATENT JOURNAL (A)
KOKAI PATENT APPLICATION NO. SHO 64[1989]-18460

Int. Cl. ⁴ :	B 05 B 1/00 B 41 J 3/04 F 04 B 43/04
Sequence Nos. for Office Use:	Z-6804-4F A-7513-2C H-7513-2C 7367-3H
Filing No.:	Sho 62[1987]-175110
Filing Date:	July 13, 1987
Publication Date:	January 23, 1989
No. of Inventions:	1 (Total of 6 pages)
Examination Request:	Not filed

PIEZOELECTRIC TYPE FLUID EJECTION NOZZLE

[Atsuden kata ryutai funshutsu nozoru]

Inventor:	Akiyuki Ikeda
Applicant:	Teruyuki Ikeda

[There are no amendments to this patent.]

Claims

1. A piezoelectric type fluid ejection nozzle characterized by the following facts: there is at least one fluid supply port and fluid ejection port with fluid channels formed in the interior; in said fluid channel, there are at least two or more bimorph-forming parts with at least a portion in the fixed state.

2. The piezoelectric type fluid ejection nozzle described in Claim 1 characterized by the fact that the bimorph-forming part is a laminate of a material that forms a piezoelectric material after sintering and a material that forms a conductor after sintering.

Detailed explanation of the invention

Industrial application field

The present invention pertains to a piezoelectric type fluid ejection nozzle.

Prior art

For the plate of the piezoelectric bimorph structure that opens/closes as an electric field is applied in opposite directions with respect to the polarization direction, as the electric field is applied, the plate on one side expands, while the other plate contracts, so that it can easily be deformed to the bent state. If an AC voltage is applied in this case, the bending direction is changed alternately. If it is partially supported, it becomes a sound generator. When said deformation is used, it can not only be used as a sound generator, but also as a relay or actuator as the contact point is driven to move. Many types of devices have been proposed in this respect.

As one of said applications, the vibration plate of said piezoelectric bimorph is attached on a portion of the outer wall of the fluid channel. On the two ends of the fluid channel, a check valve is attached near the fluid supply port and fluid ejection port set there, so that it can be used as a fluid ejection nozzle without using any mechanical parts motors, etc., and it can be used in inkjet printers, etc.

Problems to be solved by the invention

For said fluid ejection nozzle, even when the vibration plate is formed only on one surface of the fluid channel, the change in volume of the fluid channel generated due to deformation of the vibration plate varies uniformly with respect to the center of the vibration plate, so that the fluid in said fluid channel can move uniformly. As a result, as shown in Figure 6, when vibration plate (61) deforms, the exhausted fluid is also discharged from the supply port. In addition, when the deformation of the vibration plate is reset to its original state, not only is there an inflow from the supply port, air is also drawn in from the ejection port. In order to prevent these disadvantages, it is necessary to attach a check valve to the supply port and the ejection port. Also, the check valve must be constituted to allow flow only in one direction. Consequently, there is a minimization limit. For example, the attachment of the check valve in a fluid channel of several millimeter or less is difficult in itself, and even if the check valve is successfully attached, it is still impossible to eject the fluid linearly. Also, in order to effect the

minimization, ceramic integration is used. However, even in this case, such a check valve still cannot be formed.

The purpose of the present invention to provide a piezoelectric type fluid ejection nozzle to solve the problems of the prior art.

Means to solve the problems

That is, the present invention provides a piezoelectric type fluid ejection nozzle characterized by the following facts: there is at least one fluid supply port and fluid ejection port with a fluid channel formed in the interior; in said fluid channel, there are at least two bimorph-forming parts with at least a portion in the fixed state. Also, the bimorph-forming part is a laminate of a material that forms a piezoelectric material after sintering and a material that forms a conductor after sintering.

Operation

For the piezoelectric type fluid ejection nozzle of the present invention, in the fluid channel, two vibration portions that move independently are formed as bimorph-type laminate composed of three electrode layers. Part of each is fixed to the wall of the fluid channel, and at the positions on the side of deformation of said bimorph portions, the fluid supply port and fluid ejection port are formed, respectively, since it has a fluid channel and two independent bimorph portions. As a result, the bimorph on the supply port side and the bimorph on the ejection port side can be driven independently. During this period, it is possible to have a time difference. Then, for the bimorphs in the fluid channel, when the fluid supply port deforms, the fluid is discharged from the fluid ejection port. Then, while the bimorph on the side of the fluid supply port is deformed, the bimorph on the side of the fluid ejection port is blocked. In this case, since the fluid supply port is reset, the fluid is fed from the fluid supply port. In addition, even when the bimorph on the side of the fluid ejection port is reset, because the fluid direction is deformed toward the direction in which the fluid is fed from the fluid supply port, it is possible to obtain a ceramic integrated piezoelectric type fluid ejection nozzle for which there is no backflow during the fluid ejection to supply cycle.

Application examples

In the following, an explanation will be given regarding the piezoelectric type fluid ejection nozzle of the present invention with reference to the figures.

Figure 1 is a cross-sectional view of the piezoelectric type fluid ejection nozzle in an application example of the present invention.

First of all, in fluid channel (11), two independent bimorphs (13) and (14) with electrode (12) formed in a 3-layer structure, and there are fluid supply port (15) and fluid ejection port (16) on the deformation side of the bimorph. In addition, for each of said two bimorphs (13) and (14), one end is fixed to the wall surface of the fluid channel. In this case, the positional relationship between the fixed bimorph and said fluid supply port and fluid ejection port is such that when no voltage is applied to the bimorph (that is, when there is no deformation of the bimorph), the position becomes the height of the upper portion of the fluid supply port and fluid ejection port. In addition, the fluid supply port is connected to fluid supply path (17).

Figure 2 is a plan view illustrating an example of the pattern formed on the piezoelectric greensheet for obtaining the piezoelectric type fluid ejection nozzle of the present invention, and an example of the hole forming state. The portions (a)-(j) in different shapes and patterns are laminated, where (a) is the uppermost layer.

For the constitution shown in Figure 2, first, (a) represents the greensheet that forms the uppermost fluid channel wall surface, and (b) represents a greensheet having cut portion (21) that forms the space on the upper side of the bimorph-forming part. Then, (c) represents a greensheet for insulating the uppermost electrode from the fluid, and it has cut portion (22) in a shape fitting the bimorph-forming part. Below it, there are greensheets (d), (e), (f) of the bimorph-forming parts having electrode (23) for forming the bimorph, cut portion (24) for setting the bimorph portion in the free state, and lead-out electrodes (25) for leading out the various electrodes. In addition, (g) represents a greensheet having cut portion (26) for forming the space to enable deformation of the bimorph; (h) represents a greensheet having cut portion (27) for forming the fluid channel and the supply port and ejection port of the fluid channel; (i) represents a greensheet having cut portion (28) for forming the fluid channel; and, finally, (j) represents the greensheet that forms the fluid channel wall surface as the lowermost layer. In the aforementioned explanation with reference to Figure 2, the pattern and shape of a single piezoelectric type fluid ejection nozzle are shown. As a result, it is bisected by greensheet (h). However, in practice, plural patterns may be formed on a single greensheet, and, by cutting after lamination, one can obtain the patterns for each of said layers. Also, if the cut portions on the greensheets shown in Figure 2 are laminated and pressed as is, they may break. Consequently, one may adopt the following scheme: after cutting each sheet, a material, such as carbon greensheet or carbon paste or the like, that can burn off during the sintering operation to form cavity is applied to fill the cut portion matching the pattern.

The ten piezoelectric greensheets prepared as described above are laminated in a pressing mold and heated to a temperature of about 100°C; they are then pressed and bonded together under a pressure of about 250 kg/cm² to obtain a laminate. Then, the laminate is sintered after the

de-binder step of operation to form the piezoelectric type fluid ejection nozzle with the cross-sectional structure shown in Figure 1.

For the laminate constitution in this example, there is only one layer that forms each of the upper/lower fluid channel walls. However, due the thickness of the greensheets, it is clear that plural greensheets may be used for reinforcement, or protection is added to the internal bimorph-forming part. In addition, the type of the bimorph-forming part is not limited to the aforementioned form. It can be designed to freely match the shape of the fluid channel, and there is no particular limitation on the number and size of the fluid supply ports and fluid ejection ports. On the other hand, in the aforementioned explanation, the fluid supply port and fluid ejection port are set facing the two bimorph-forming parts. However, as long as the fluid supply port and fluid ejection port can be set in the portions of displacement of the bimorphs, as shown in Figure 3, one may also adopt a scheme in which two bimorph-forming parts (31) are set side by side in the same direction, and the patterns of the greensheets are formed so that partition portion (32) and fluid channel (33) are formed between them.

The piezoelectric greensheets used here are prepared as follows: a powder of piezoelectric material mainly made of lead magnesium niobate $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3} \cdot \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ is dissolved together with an organic binder in a solvent to form a slurry. The slurry is applied using the slip casting method to form a ceramic feed sheet with a uniform thickness of $20\text{ }\mu\text{m} - 200\text{ }\mu\text{m}$.

The ceramic feed sheet is punched to the prescribed size, and the holes for forming the various cut portions are formed by punching and dies. Then, an electrode paste is printed using a screen printer on each greensheet of the bimorph-forming part processed with holes included. Then, the greensheets are set in a pressing mold, and, while the carbon greensheet is filled in each cut portion, the various greensheets are laminated, and the stack is heated to about 100°C , while they are pressed and bonded together under a pressure of about 250 kg/cm^2 to form a laminate. Then, as needed, the laminate is cut to the prescribed dimensions. Then, in a de-binder step of operation, the organic substance present in the cavity pattern and in the ceramic greensheets are decomposed and eliminated by slow heating in an oxidation atmosphere. Usually, the organic substances are completely decomposed and oxidized at a temperature of $500\text{-}600^\circ\text{C}$. However, if the temperature is raised rapidly to the decomposition temperature, the laminate may be damaged. Consequently, the heating should be performed with a gradual rate of temperature rise rate of 25°C/h or slower, and it is then kept for a sufficiently long time at $500\text{-}00^\circ\text{C}$, so that the organic substances are fully eliminated.

Then, sintering is performed at a temperature of $900\text{-}1200^\circ\text{C}$, and the piezoelectric type fluid ejection nozzle explained above is obtained. Also, since the electrode pattern as the lead-out terminal appears until the end surface of the laminate, one may also adopt a scheme in which silver paste or the like is sintered and attached as the external electrode.

For the piezoelectric type micro-pump obtained in the above, first of all, polarization treatment is performed by applying a voltage of about 100-200 V to the electrodes of the bimorph-forming parts for about 1 min.

Then, the electrodes of said two bimorph-forming parts are connected side by side such that they are connected opposite to each other with respect to said polarization direction, and they are led out as the terminals of bimorph (1) and bimorph (2).

In this way, two drivers are connected such that the voltage waveform shown in Figure 4 is obtained at the lead-out terminals. Figures 5(a)-(e) are cross-sectional views illustrating the movement of the piezoelectric type fluid ejection nozzle of the present invention when driving is performed with said driving waveform.

First, (a) shows the state when no voltage is applied to both bimorphs, and the fluid fills the fixing carrier. (b) shows the case when a voltage is applied to the bimorph on the fluid supply port side, the bimorph deforms, the fluid moves towards the fluid ejection port, and the fluid is blown out from the fluid ejection port. (c) shows the state in which a voltage is applied to the bimorph on the side of the fluid ejection port on one side and deformation takes place, and the fluid ejection from the fluid ejection port is stopped. (d) shows the state in which the voltage applied to the side of the fluid supply port is cut off, and the state is reset by the operation of the discharge circuit, and the fluid is fed from the fluid supply port to the interior of the fluid channel during said resetting operation. (e) shows the state in which the voltage applied to the bimorph on the side of the fluid ejection port is cut off, and the state is reset by the operation of the discharge circuit, and the fluid is fed from the fluid supply port to the interior of the fluid channel during said resetting operation, so that the state recovers to state (a). Then, said steps of operation (b)-(e) are performed repeatedly so that the fluid is ejected continuously from the fluid ejection nozzle. In this case, since the bimorphs set on the side of the fluid supply port and the side of the fluid ejection port deform independently and with the operation performed temporally separated from each other, the operation can display the effect of preventing backflow and the suction of air can be prevented.

Effects of the present invention

As explained above, according to the present invention, the bimorphs set on the side of the fluid supply port and the side of the fluid ejection port are deformed independently, with the operation performed at different times, so that the fluid can be driven to flow in a prescribed direction. In this case, the two bimorphs work such that no backflow takes place. Consequently, there is no need to use a valve for preventing backflow, and for a fluid channel of any size, it is only required that two bimorphs be formed in the fluid channel. As a result, it is possible to produce ultra-small piezoelectric type fluid ejection nozzles. Also, the piezoelectric type fluid

ejection nozzle of the present invention can be simply produced by laminating and sintering piezoelectric layers, and there is no need to use any attached parts or to perform any assembly operation. Consequently, it is possible to cut the cost of piezoelectric type fluid ejection nozzles.

In the aforementioned application example of the present invention, the greensheets of piezoelectric ceramics are laminated to form the structure. However, if an especially smaller size is required, one may also adopt a scheme in which a bimorph plate is prepared using ceramic lamination technology, and it is then assembled in the fluid channel having fluid supply port and fluid ejection port made of stainless steel or the like, and the same effects as those described above can be realized. Also, an inkjet head of an inkjet printer can be obtained by having the fluid supply port fit the diameter of the hose for fluid transport and using ink as the fluid. In addition, one may also adopt the following scheme: a fluid channel and a fluid supply port are also formed on the upper side of the bimorph-forming part; and an AC drive voltage in phase with the drive waveform shown in Figure 4 is used. As a result, the deformation of the bimorph portion becomes larger, and the fluid in the upper/lower fluid channels can move towards each other. Consequently, the fluid ejection rate and the force for ejecting the fluid from the fluid ejection nozzle become higher, so that the obtained piezoelectric type fluid ejection nozzle has better performance.

On the other hand, the method for forming cavity in the interior is not limited to the scheme using said carbon greensheet or carbon paste. One may also adopt a scheme in which the photosensitive resin described in Japanese Patent Application Nos. Sho 60[1985]-243218 and Sho 60[1985]-243219 is exposed and developed for patterning, and the obtained patterned film is pressed on the greensheets during lamination, so that the piezoelectric type fluid ejection nozzle with the same effects can be realized.

Also, for the piezoelectric type fluid ejection nozzle of the present invention, when the fluid ejection port is taken as the fluid outlet to a fluid channel, since it is driven continuously by a continuous wave, the fluid flows out continuously from the fluid outlet. Consequently, the piezoelectric type fluid ejection nozzle can be used as a micro-pump for transporting fuel to an engine or as a micro-dispenser for transporting high-viscosity substances, etc.

Also, by having the fluid ejection port match the dot pitch of a dot printer and forming a pattern by burning off material during the sintering process from the fine fluid channels between the fluid ejection port with said pitch and the fluid channel containing plural piezoelectric bimorphs of the present invention, it is possible to easily form the inkjet dot printer.

Brief explanation of the figures

Figure 1 is a cross-sectional view of an application example of the present invention. Figure 2 is a diagram illustrating the shape of the greensheet in an application example of the

present invention and its pattern. Figure 3 is a plan view illustrating the internal bimorph-forming part in another application example of the present invention. Figure 4 is a diagram illustrating the drive waveform for driving the two bimorphs and the driver circuit. Figure 5 is a cross-sectional view illustrating the state when the structure shown in Figure 1 is driven as shown in Figure 4. Figure 6 is a cross-sectional view illustrating the piezoelectric type inkjet head in the prior art.

- 11 Fluid channel
- 12 Electrode
- 13 Bimorph on the fluid supply side
- 14 Bimorph on the side of the fluid ejection port
- 15 Fluid supply port
- 16 Fluid ejection port
- 17 Fluid supply path
- 21 Cut portion for forming the upper side space of the bimorph-forming part
- 22 Cut portion in the shape of the bimorph-forming part for insulating the uppermost layer of electrode of the bimorph-forming part
- 23 Electrode-forming bimorph
- 24 Cut portion for having free state for the bimorph portion
- 25 Lead-out electrode
- 26 Cut portion for forming space to allow deformation of the bimorph
- 27 Cut portion for forming the fluid channel, fluid supply port and fluid ejection port
- 28 Cut portion for forming the fluid channel
- 31 Bimorph-forming part
- 32 Partition wall
- 33 Fluid channel
- V₁ Drive waveform on the side of fluid supply port
- V₂ Waveform of drive on the side of the fluid ejection port
- 61 Vibration plate

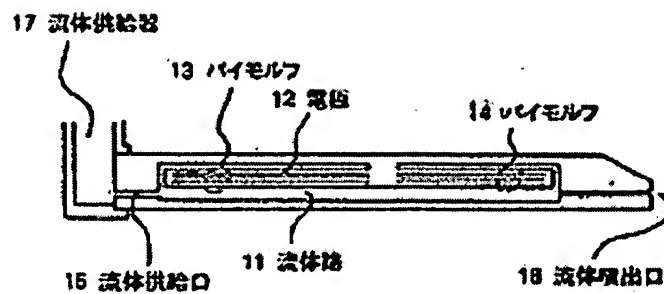


Figure 1

- Key:
- | | |
|----|---------------------|
| 11 | Fluid channel |
| 12 | Electrode |
| 13 | Bimorph |
| 14 | Bimorph |
| 15 | Fluid supply port |
| 16 | Fluid ejection port |
| 17 | Fluid supply path |

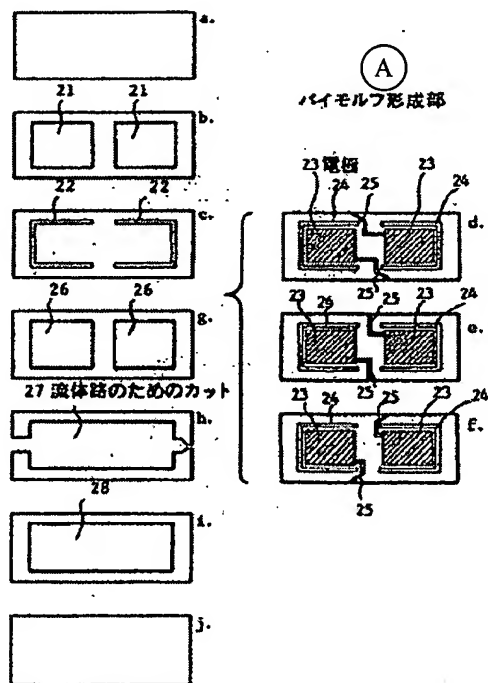


Figure 2

- Key:
- | | |
|----|-----------------------|
| A | Bimorph-forming part |
| 23 | Electrode |
| 27 | Cut for fluid channel |

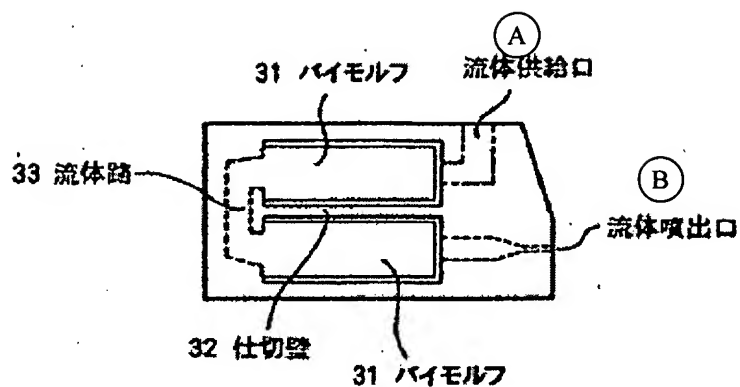


Figure 3

Key: A Fluid supply port
 B Fluid ejection port
 31 Bimorph
 32 Partition wall
 33 Fluid channel

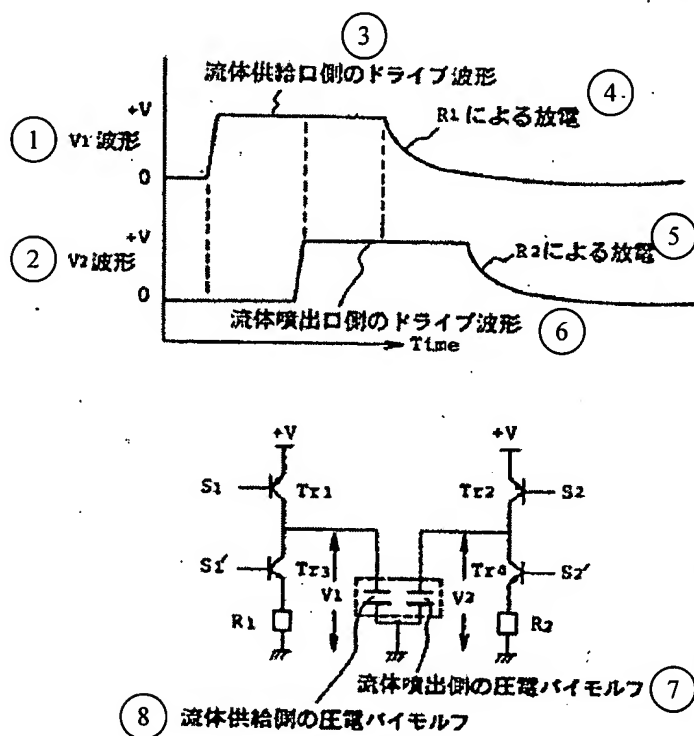


Figure 4

Key: 1 Waveform V_1
 2 Waveform V_2
 3 Drive waveform on the side of fluid supply port

- 4 Discharge through R_1
- 5 Discharge through R_2
- 6 Drive waveform on the side of fluid ejection port
- 7 Piezoelectric bimorph on the side of fluid ejection port
- 8 Piezoelectric bimorph on the fluid supply side

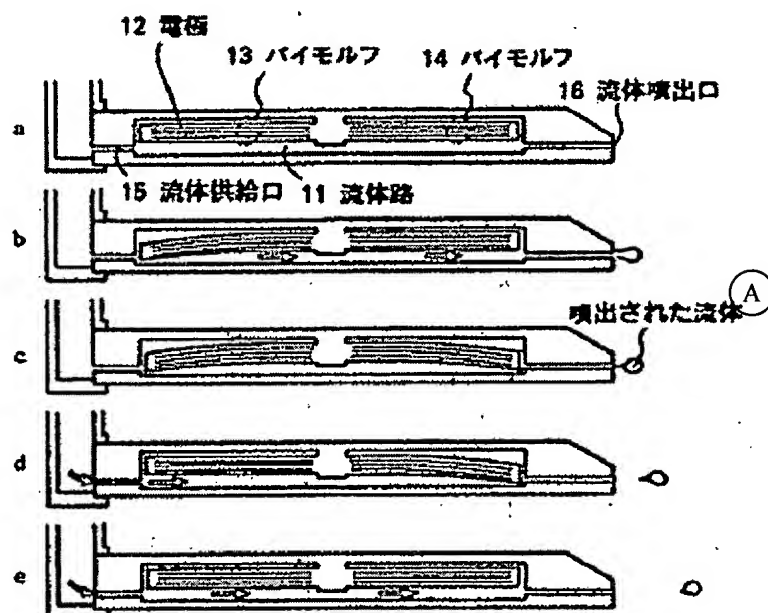


Figure 5

- Key:
- A Ejected fluid
 - 11 Fluid channel
 - 12 Electrode
 - 13 Bimorph
 - 14 Bimorph
 - 15 Fluid supply port
 - 16 Fluid ejection port

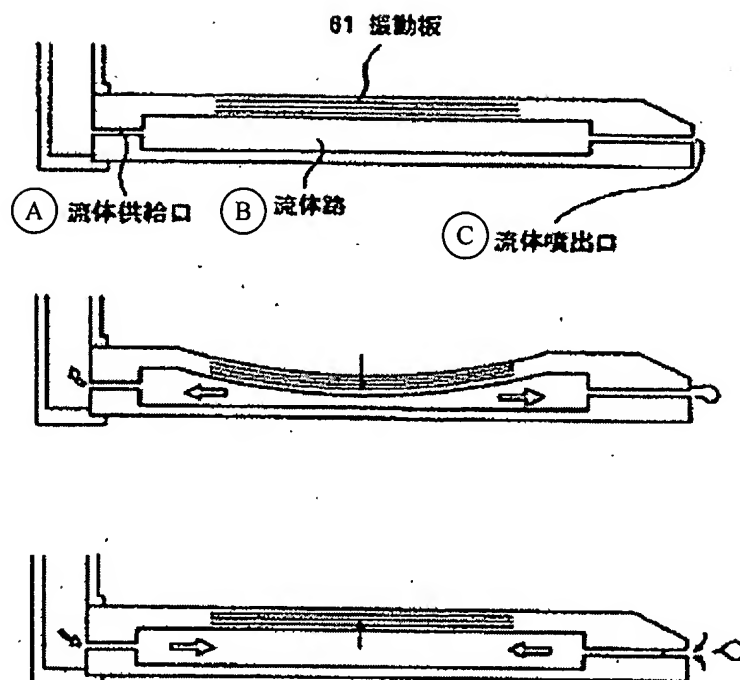


Figure 6

Key: A Fluid supply port
 B Fluid channel
 C Fluid ejection port
 61 Vibration plate